

日本国特許庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

26.06.00

REC'D	07 JUL 2000
WIPO	PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application:

1999年 8月27日

JP 00/04216

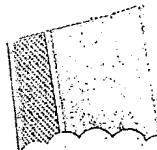
出願番号
Application Number:

平成11年特許願第241187号

E K U

出願人
Applicant(s):

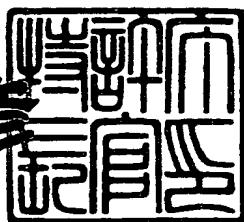
コマツ電子金属株式会社

PRIORITY
DOCUMENTSUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2000年 5月19日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近藤 隆彦



出証番号 出証特2000-3036915

【書類名】 特許願

【整理番号】 AP990801

【提出日】 平成11年 8月27日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/205

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県平塚市四之宮2612番地 コマツ電子金属株式会社内

【氏名】 小宮 聰

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県平塚市四之宮2612番地 コマツ電子金属株式会社内

【氏名】 芳野 史朗

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県平塚市四之宮2612番地 コマツ電子金属株式会社内

【氏名】 段畠 政善

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県平塚市四之宮2612番地 コマツ電子金属株式会社内

【氏名】 林田 広一郎

【特許出願人】

【識別番号】 000184713

【氏名又は名称】 コマツ電子金属株式会社

【代理人】

【識別番号】 100106002

【弁理士】

【氏名又は名称】 正林 真之

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 058975

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9816684

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 エピタキシャルシリコンウエハ

【特許請求の範囲】

【請求項1】 窒素がドープされた下地シリコンウエハ上にエピタキシャル膜が形成されたエピタキシャルシリコンウエハであって、前記エピタキシャル膜上に丘状欠陥が観察されないエピタキシャルシリコンウエハ。

【請求項2】 窒素がドープされた下地シリコンウエハ上にエピタキシャル膜が形成されたエピタキシャルシリコンウエハであって、前記エピタキシャル膜上において120nm以上のLPDとして観測される結晶欠陥が20個/200mmウエハ以下であるエピタキシャルシリコンウエハ。

【請求項3】 エピタキシャル成長後に120nm以上のLPDとして観測される結晶欠陥が20個/200mmウエハ以下となる領域で、窒素をドーピングしながらシリコン単結晶の引き上げを行うことを特徴とするチョクラルスキーフ法シリコン単結晶インゴット製造方法。

【請求項4】 酸素濃度が 7×10^{17} atoms/cm³のときの窒素濃度が約 3×10^{15} atoms/cm³でかつ酸素濃度が 1.6×10^{18} atoms/cm³のときの窒素濃度が約 3×10^{14} atoms/cm³である範囲を超えない窒素濃度及び酸素濃度の範囲内においてシリコン単結晶の引き上げを行うことを特徴とするチョクラルスキーフ法シリコン単結晶インゴット製造方法。

【請求項5】 窒素濃度の増加に対応して酸素濃度を低下させることを特徴とする請求項4記載のチョクラルスキーフ法シリコン単結晶インゴット製造方法。

【請求項6】 酸素濃度が 7×10^{17} atoms/cm³のときの窒素濃度が約 3×10^{15} atoms/cm³以下でかつ酸素濃度が 1.6×10^{18} atoms/cm³のときの窒素濃度が約 3×10^{14} atoms/cm³以下の範囲内にある窒素濃度及び酸素濃度である窒素ドープシリコンウエハ。

【請求項7】 酸素濃度が 7×10^{17} atoms/cm³のときの窒素濃度が約 1×10^{15} atoms/cm³以下でかつ酸素濃度が 1.5×10^{18} atoms/cm³のときの窒素濃度が約 1×10^{14} atoms/cm³以下の範囲内にある窒素濃度及び酸素濃度である窒素ドープシリコンウエハ。

【請求項8】 直胴部最終端の窒素濃度が 1×10^{15} atoms/cm³から 3×10^{15} atoms/cm³の範囲内にあるシリコンインゴット。

【請求項9】 請求項8記載のシリコンインゴットにおいて、当該シリコンインゴット中の窒素濃度の変化に応じて当該シリコンインゴット中の酸素濃度が適宜制御されたシリコンインゴット。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はエピタキシャルシリコンウェハ、特に窒素ドープシリコンウェハにエピタキシャル成長が施されたエピタキシャルシリコンウェハに関する。

【0002】

【従来の技術】

通常抵抗のエピタキシャル用基板（下地シリコンウェハ）は、エピタキシャル工程における初期の高温プロセスにおいて臨界サイズ以下の酸素析出核が消失してしまうため、析出の遅れに起因したゲッタリング能力の低下によってデバイス歩留まりの低下が生じる。

【0003】

この問題の解決策として、エピプロセス前に熱処理を行うことで析出物を予め成長させておく方法や、ゲッタリングサイトとして基板裏面にポリシリコン層を形成する方法などが提案されている。しかしながら、これらの方法では、かかる時間や労力が大きく、製品の生産性が著しく悪化することでコストアップに繋がるという問題があった。

【0004】

このようなことから、チョクラルスキー法（CZ法）による単結晶育成時に窒素をドーピングすると酸素析出の促進効果があるという知見に基づいて、ゲッタリング能力の確保のためにシリコン単結晶中に窒素をドーピングすることが検討されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、窒素のドーピングにより、CZ法による単結晶育成後の酸素析出物は大きくなってしまうため、窒素がドーピングされたシリコンウエハはエピタキシャル成長に供する下地シリコンウエハとしては不向きであった。

【0006】

実際に、窒素のドーピングを行う方法の場合には、大きなコストアップには繋がらないものの、デバイス活性層（すなわちウエハ表層近傍のDZ層）の確保とバルクのゲッタリングサイトの制御を注意深く行う必要がある。エピサブにおいてもそれは例外ではなく、特に下地シリコンウエハ表層に酸素析出物が存在した場合には、それを起点としたエピ成長異常が起こり、それがエピ表層の欠陥となってデバイス特性を悪化させる。

【0007】

本発明は以上のような課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、デバイス特性を悪化させるエピ表層の欠陥を生じさせないような窒素ドープ下地シリコンウエハの条件を見出し、先端の半導体デバイス用として十分な特性を備えたエピタキシャルシリコンウエハを提供できるようにすることにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】

以上のような目的を達成するために本発明者らが銳意研究を重ねた結果、窒素を所定濃度以上ドープすると、デバイス特性を悪化させるエピ表層の欠陥が増大することを見出し、本発明を完成するに至った。

【0009】

また本発明者らは同時に、エピ表層の欠陥を生じさせないようにするために、酸素濃度が低い場合には窒素濃度が高くてもよい一方で、酸素濃度が高い場合には窒素濃度を低くしなければならないというように、エピ表層における欠陥発生防止のためには、窒素濃度と酸素濃度とを対応させて考えなければならないことも見出した。

【0010】

より具体的には、本発明は以下のようなウエハ及び方法を提供する。

【0011】

(1) 窒素がドープされた下地シリコンウエハ上にエピタキシャル膜が形成されたエピタキシャルシリコンウエハであって、前記エピタキシャル膜上に丘状欠陥が観察されないエピタキシャルシリコンウエハ。

【0012】

(2) 窒素がドープされた下地シリコンウエハ上にエピタキシャル膜が形成されたエピタキシャルシリコンウエハであって、前記エピタキシャル膜上において120nm以上のLPDとして観測される結晶欠陥が20個/200mmウエハ以下であるエピタキシャルシリコンウエハ。

【0013】

(3) エピタキシャル成長後に120nm以上のLPDとして観測される結晶欠陥が20個/200mmウエハ以下となる領域で、窒素をドーピングしながらシリコン単結晶の引き上げを行うことを特徴とするチョクラルスキー法シリコン単結晶インゴット製造方法。

【0014】

(4) 酸素濃度が 7×10^{17} atoms/cm³のときの窒素濃度が約 3×10^{15} atoms/cm³でかつ酸素濃度が 1.6×10^{18} atoms/cm³のときの窒素濃度が約 3×10^{14} atoms/cm³である範囲を超えない窒素濃度及び酸素濃度の範囲内においてシリコン単結晶の引き上げを行うことを特徴とするチョクラルスキー法シリコン単結晶インゴット製造方法。

【0015】

(5) 窒素濃度の増加に対応して酸素濃度を低下させることを特徴とする(4)記載のチョクラルスキー法シリコン単結晶インゴット製造方法。

【0016】

(6) 酸素濃度が 7×10^{17} atoms/cm³のときの窒素濃度が約 3×10^{15} atoms/cm³以下でかつ酸素濃度が 1.6×10^{18} atoms/cm³のときの窒素濃度が約 3×10^{14} atoms/cm³以下の範囲内にある窒素濃度及び酸素濃度である窒素ドープシリコンウエハ。

【0017】

(7) 酸素濃度が 7×10^{17} atoms/cm³のときの窒素濃度が約 1×10^{15}

atoms/cm³以下でかつ酸素濃度が 1.5×10^{18} atoms/cm³のときの窒素濃度が約 1×10^{14} atoms/cm³以下の範囲内にある窒素濃度及び酸素濃度である窒素ドープシリコンウエハ。

【0018】

(8) 直胴部最終端の窒素濃度が 1×10^{15} atoms/cm³から 3×10^{15} atoms/cm³の範囲内にあるシリコンインゴット。

(9) (8)記載のシリコンインゴットにおいて、当該シリコンインゴット中の窒素濃度の変化に応じて当該シリコンインゴット中の酸素濃度が適宜制御されたシリコンインゴット。

【0019】

窒素ドープシリコンウエハは、そのままで製品化に適した特性を有するとは言えないが、下地シリコンウエハの窒素濃度・酸素濃度上記のような範囲に調整されているエピタキシャルシリコンウエハは、デバイス特性を悪化させる表層の欠陥が存在しないか或いは極めて少ないため、製品化に適している。

【0020】

本発明者らの研究によれば、窒素がドーピングされた下地シリコンウエハにエピを積んだエピタキシャルシリコンウエハの表層に現れる欠陥は、図1に示されるように、幅が約 $10 \mu m$ で高さが約 $10 nm$ の丘状の欠陥であった(AFMにより観測)。この明細書ではこれを「丘状欠陥」と呼ぶことにしており、この丘状欠陥は、エピウエハ表面においてLPD(Light Point Defect)として観測されるので、LPDとして観測される欠陥の一部にはこの丘状欠陥が含まれることになる。

【0021】

なお、窒素濃度・酸素濃度が少なすぎると、ゲッタリングサイトの減少による重金属捕獲効果の低下を招くこととなるが、ゲッタリングサイト量をどの程度に設定するかは、窒素濃度・酸素濃度を適宜調整することにより、意図する製品の種類等に応じて当業者が適宜決定することができる。

【0022】

本発明の一つの実施形態としては、下地シリコンウエハはチョクラルスキーフ

(CZ法)で製造する。この場合においては、チョクラルスキー法により、窒素をドープしてシリコン単結晶を引上げ、シリコンインゴットを製造し、ここから窒素濃度及び酸素濃度が上記範囲内にある部分を切り出し、下地シリコンウエハとする。なお、CZ法を使用する場合には、融液に磁場をかける方式(MCZ法)も採用することができる。

【0023】

また、窒素のドーピングのための方法は、結晶成長の際に炉内に通されるアルゴンガス中に窒素を混入させる方法や、窒化ケイ素を原料融液中に溶解させて引上げ単結晶中に窒素原子を導入する方法など、現在公知の全ての方法及び将来発見されるであろうあらゆる方法を使用することができる。

【0024】

ここで、シリコン融液からシリコンインゴットを引上げた場合において、酸素濃度等を故意に制御しなければ、図2に示されるような態様で、窒素の偏析による窒素濃度の変動と取り込まれる酸素濃度の変動とが生じる。より具体的に言えば、窒素濃度は、引上げる最初のほう(ショルダー部分)から終端(テール部分)に至るまで斬増していく一方で、酸素濃度は斬減していく。

【0025】

従って、製品取得対象領域の中で最高の窒素濃度を示す直胴部最終端の部分において当該窒素濃度を前記窒素濃度の上限となるように設定することで、シリコンインゴット全体において窒素濃度を $3 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^3$ 未満とすることができ、このシリコンインゴット中の窒素濃度の変化に対応して酸素濃度を適宜制御し、酸素濃度・窒素濃度が上記(6)で示される範囲内にあるようにすることによって、引上げられたシリコンインゴットの直胴部分において無駄な部分を形成することなく、当該直胴部分の全てを製品取得対象領域としてくまなく使用することが可能となるようなシリコンインゴットとすることができます。

この場合において、酸素濃度は、窒素濃度と比べると比較的自由に設定することができるので、シリコンインゴットの直胴部分の殆ど全てをシリコンウエハの製造対象領域とする直胴部効率使用用のシリコンインゴットするために酸素濃度制御をするか、或いは、得たい下地ウエハの酸素濃度・窒素濃度に合わせて適

宜酸素濃度制御をするようにすればよい。

【0026】

【実験例】

実験例として、種々の条件で育成したCZ-Si単結晶からシリコンウエハを切り出し、鏡面研磨加工を施した後にエピ成長を施しエピ基板の酸素析出挙動およびエピ表層の欠陥について調査した。

【0027】

この実験例において、結晶はドーパントとしてボロンを添加した直径200mm、p型、結晶方位<100>で、酸素濃度は $8 \times 10^{17} \sim 16 \times 10^{17}$ atoms/cm³となるように制御すると共に、窒素濃度は $4.9 \times 10^{13} \sim 1.24 \times 10^{15}$ atoms/cm³となるように窒素を添加し、比較として窒素添加なしの結晶も用意した。エピ成長は、成長ガスとしてトリクロルシラン、成長温度は1100°Cで、エピ膜厚を6μmとして行った。

【0028】

結果を図3及び図4に示す。図3は、窒素濃度と欠陥発生数(LPDとして観察される欠陥の数)との関係が判るようにしたもので、図4は、同じデータに基づいて、窒素濃度と酸素濃度との関係が判るようにしたものである。

【0029】

まず、図3より、酸素濃度が低い場合には、窒素濃度が比較的高くなっても欠陥の数はそれほど増大しないが、酸素濃度が高い場合には、窒素濃度が高くなると欠陥の数が多くなってくるということが判る。従って、この図3より、酸素濃度が高い場合には窒素濃度を低くする必要があるというように、酸素濃度と窒素濃度との間には所定の相関関係があることが示唆される。

【0030】

また、図4より、酸素濃度と窒素濃度をそれぞれ横軸と縦軸にしてプロットをしてみると、酸素濃度と窒素濃度の間に所定の相関関係があることが明らかになる。

【0031】

ここで、製品として適切か否かの境界として、200mmのウエハあたりのL

PD数が20個以下というのを基準にしてみると、(酸素濃度、窒素濃度) = (7 × 10¹⁷atoms/cm³, 約3 × 10¹⁵atoms/cm³) と (酸素濃度、窒素濃度) = (1.6 × 10¹⁸atoms/cm³, 約3 × 10¹⁴atoms/cm³) とを結ぶ線(図4中の斜めの実線)が境界線であろうことが、この図4より示唆される。また、製品としてより厳しい基準を設定した場合には、(酸素濃度、窒素濃度) = (7 × 10¹⁷atoms/cm³, 約1 × 10¹⁵atoms/cm³) と (酸素濃度、窒素濃度) = (1.5 × 10¹⁸atoms/cm³, 約1 × 10¹⁴atoms/cm³) とを結ぶ線(図4中の点線)が境界線として示唆されるであろう。ただ、いずれにしても、現時点で得られているデータの範囲内での話であるため、数値については、ある程度のぶれが許されるべきである。

【0032】

従ってこの図4より、エピタキシャルシリコンウエハ製造のために好適な窒素ドープ下地シリコンウエハを作成するためには、実線の左側(より具体的には、酸素濃度が7 × 10¹⁷atoms/cm³のときの窒素濃度が約3 × 10¹⁵atoms/cm³以下でかつ酸素濃度が1.6 × 10¹⁸atoms/cm³のときの窒素濃度が約3 × 10¹⁴atoms/cm³以下の範囲内)となるようにシリコン単結晶の引き上げを行えばよいことになる。そして、より好ましくは、点線の左側(より具体的には、酸素濃度が7 × 10¹⁷atoms/cm³のときの窒素濃度が約1 × 10¹⁵atoms/cm³以下でかつ酸素濃度が1.5 × 10¹⁸atoms/cm³のときの窒素濃度が約1 × 10¹⁴atoms/cm³以下の範囲内)となるようにシリコン単結晶の引き上げを行えばよいことになる。

【0033】

なお、酸素濃度と窒素濃度の下限については、製品に応じてゲッタリングサイトとして十分な酸素析出物密度を確保するための下地シリコンウエハの初期酸素濃度との関数になる窒素添加量の下限値を決定するようすればよい。

【0034】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明に係るシリコンウエハは、デバイスの特性を悪化させる表層欠陥による影響がなく、優れた特性を備えている。即ち、本発明によ

る条件において製造されたシリコンウエハにエピ膜を成長させた製品は、先端の半導体デバイス用として優れた特性を備えることとなる。

【0035】

また、適切な条件設定をすることによって、ゲッタリングサイトが消失していないことにより高ゲッタリング能を備える窒素ドープエピタキシャルシリコンウエハを製造することができる。

【図面の簡単な説明】

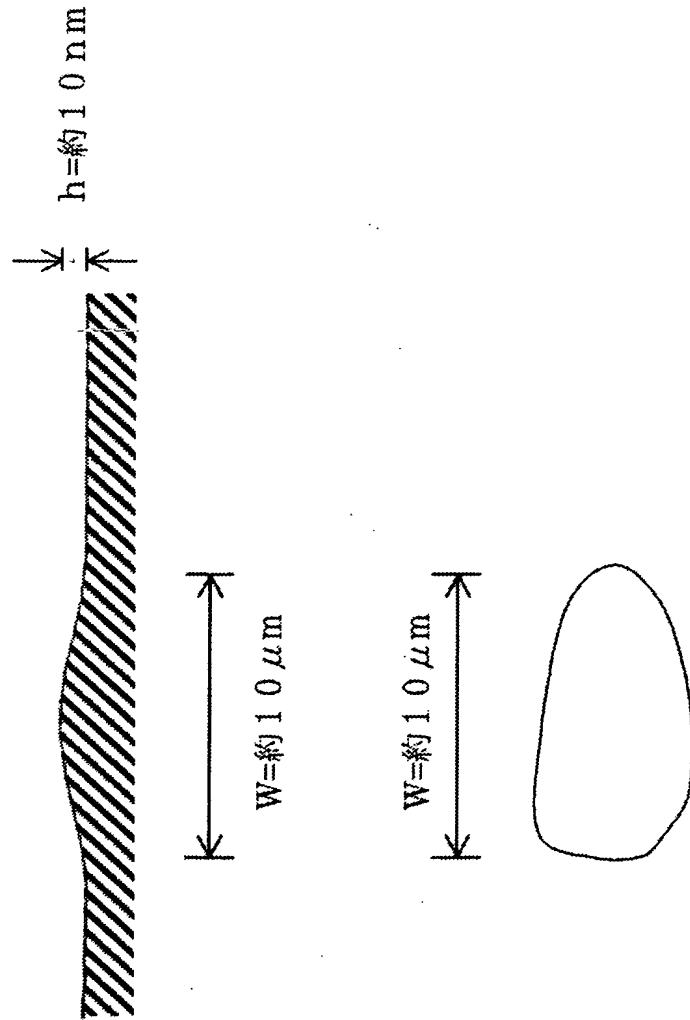
【図1】 本発明者らにより発見された「丘状欠陥」の形状を説明するための図である。

【図2】 結晶成長に伴うシリコンインゴット中の窒素濃度の変化と酸素濃度の変化を説明するための図である。

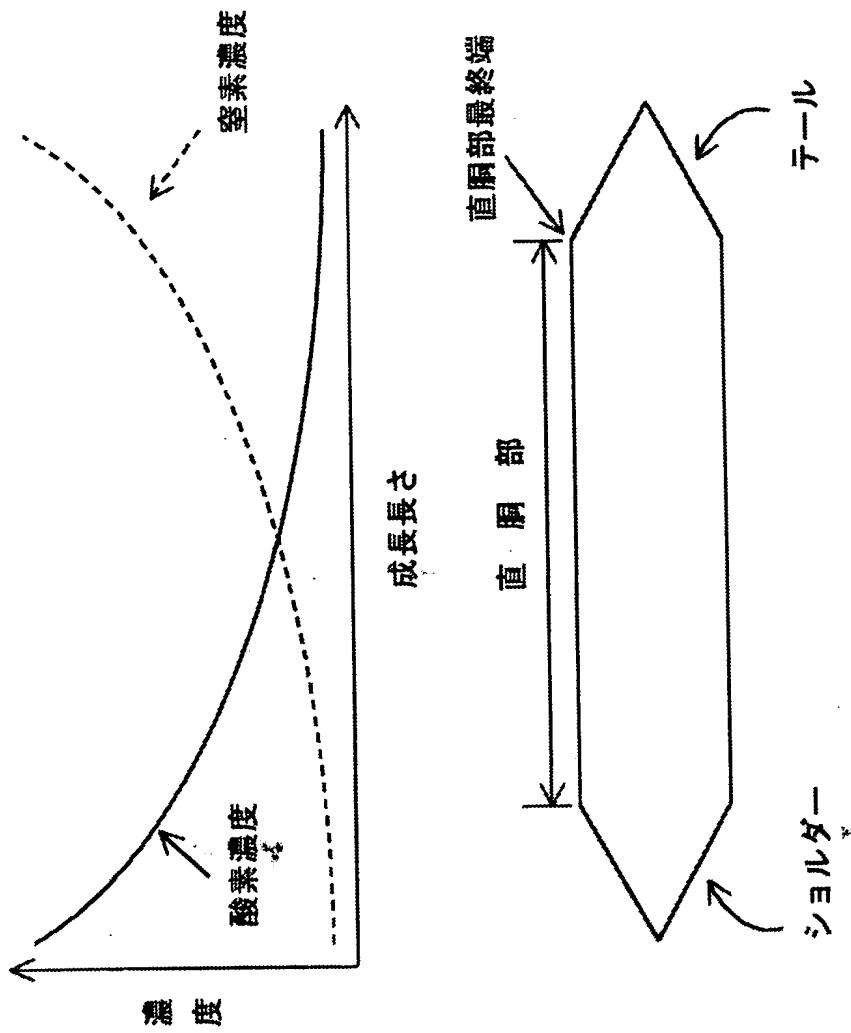
【図3】 窒素濃度とLPD (Light Point Defect) の関係をプロットしたグラフを示す図である。

【図4】 窒素濃度と酸素濃度の関係をプロットしたグラフを示す図である

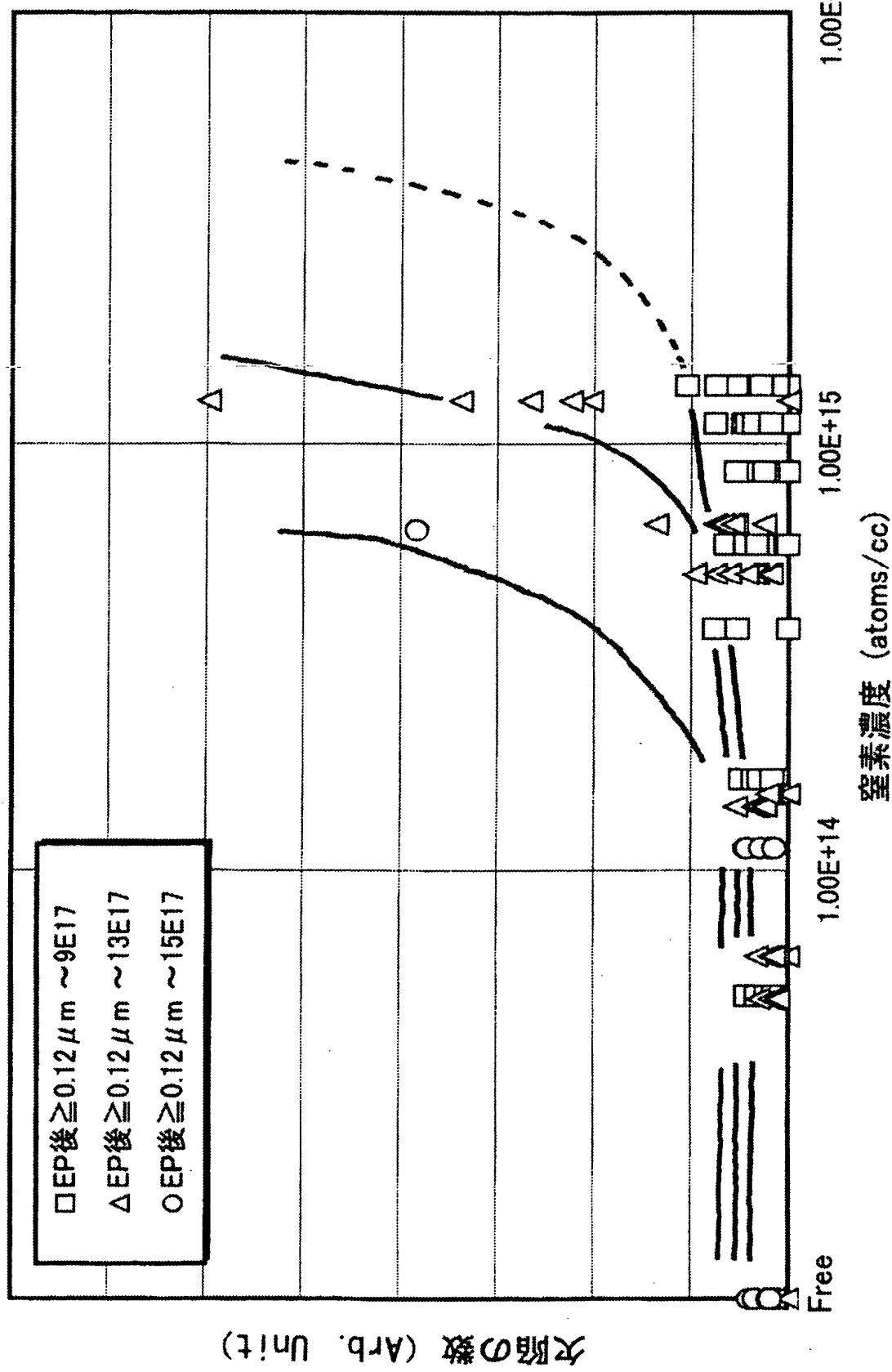
【書類名】 図面
【図 1】



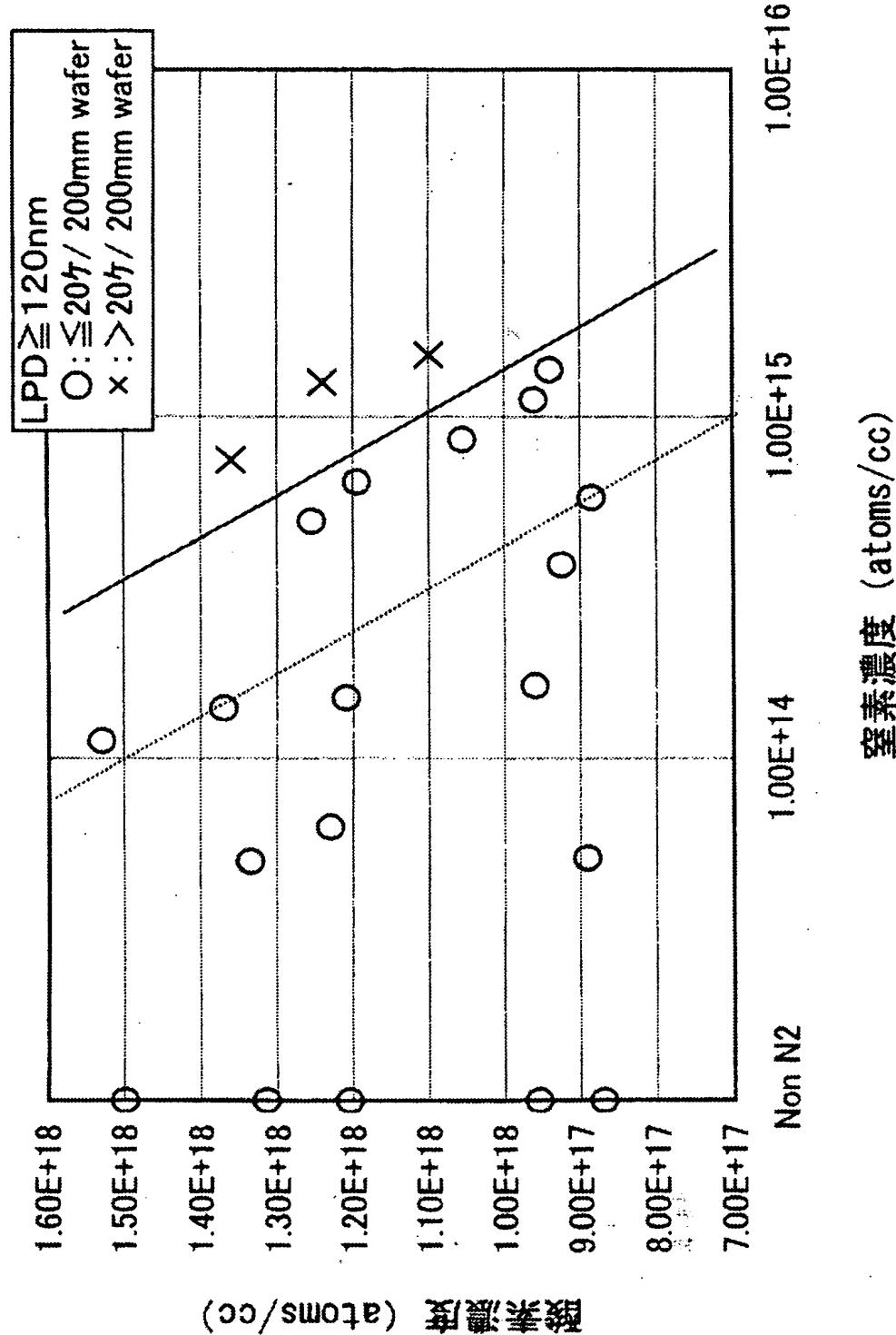
【図2】



【図3】



【図4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 窒素をドーピングしつつ、半導体デバイス用として十分な特性を備えたエピタキシャルシリコンウエハを提供する。

【解決手段】 酸素濃度が 7×10^{17} atoms/cm³ のときの窒素濃度が約 3 $\times 10^{15}$ atoms/cm³ 以下でかつ酸素濃度が 1.6×10^{18} atoms/cm³ のときの窒素濃度が約 3×10^{14} atoms/cm³ 以下の範囲内にある窒素濃度及び酸素濃度である、高ゲッタリング能を有する窒素ドープ下地シリコンウエハ。

出願人履歴情報

識別番号 [000184713]

1. 変更年月日 1993年 4月20日

[変更理由] 名称変更

住 所 神奈川県平塚市四之宮2612番地
氏 名 コマツ電子金属株式会社